

СЕЙСМОИЗОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПРИ СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Лапеев М. В.

Научные руководители – профессор. Абовский Н. П.,

доцент Палагушкин В. И.,

Сибирский федеральный университет

В последнее время обзору развития сейсмоизоляции посвящен ряд работ, в которых традиционно сейсмоизоляция рассматривается без связи с типом фундаментов и грунтовыми условиями. Проблема сейсмоизоляции зданий при строительстве в сложных грунтовых условиях имеет свою специфику и требует системного подхода, которому посвящена данная статья.

Традиционный подход в сейсмоизоляции основан, как правило, на размещении сейсмоизоляционных устройств различного типа выше фундамента.

Системы сейсмоизоляции, рассматриваемые в обзорных статьях, представляют собой средства снижения сейсмического воздействия на часть сооружения, расположенную выше фундамента, при этом сейсмозащита не рассматривается как элемент формообразования всей системы «основание-здание-фундамент». Тем самым целостная система ослабляется, расчленяясь на части, хотя для обычных условий (при отсутствии сейсмики) такое расчленение не нужно и снижает эффективность конструкции. Также при таком традиционном подходе не рассматриваются типы и устройства фундаментов, естественные свойства слабых грунтов, не учитываются и не используются слабые свойства грунтов, которые, как правило, преодолеваются уплотнением, заменой грунта или устройством свайного поля.

Отметим, что анализ и оценка эффективности сейсмоизолированных зданий, построенных в Японии, по неизвестным причинам приводятся без связи с типом фундаментов зданий и свойствами грунтов. В то же время для обеспечения эффективной работы сейсмоизоляции, установленной на фундаменте, требования к фундаменту, по видимому, должны быть такими, чтобы обеспечить эффективность работы сейсмоизоляции, т. е. колебания и смещения фундамента не должны создавать неблагоприятных условий для её работы.

К традиционным типам сейсмоизоляции относятся резинометаллические упругие элементы, скользящие пояса, кинематические опоры и др., устанавливаемые выше фундамента.

Сейсмоизолирующие устройства на шаровых и других качающихся опорах располагаются между двумя фундаментными плитами. При этом жесткости этих плит должны быть достаточно большими, так как происходит передача фактически сосредоточенных усилий. Эти условия усугубляются слабыми просадочными и другими грунтовыми причинами. Таким образом, использование сейсмоизолирующих устройств данного типа при строительстве в сложных грунтовых условиях мало эффективно. В этих условиях предпочтение надо отдать такому типу фундамента, который вмещал бы свойства сейсмоизоляции и в то же время обеспечивал работу на слабых грунтах. Примером такого конструктивного решения является пространственная фундаментная платформа на скользящем слое.

Несмотря на значительные успехи, традиционная сейсмозащита существенно удорожает строительство, является достаточно сложной, защищает не от всех видов сейсмических воздействий (несимметричных, крутильных, вертикальных и т. д.) и часто не срабатывает при повторных сейсмических воздействиях.

Недостатки традиционных подходов состоят не только в применении мероприятий, преодолевающих негативные свойства слабых грунтов, но и в использовании различных сейсмоизолирующих устройств, которые располагаются, как правило, выше фундамента, что приводит к некоторому нарушению целостности системы (фундамент + верхнее строение), т. е. к ее ослаблению.

Альтернативный системный подход состоит в применении конструкций, малочувствительных к негативным проявлениям слабых грунтов, снабженных защитными устройствами, которые снижают (полностью или частично) передачу сейсмических воздействий от грунта на фундамент и тем самым на всю систему в целом при сохранении и использовании естественных свойств слабых грунтов. Примером такого формообразования могут служить применение пространственных фундаментных платформ, расположенных на скользящем слое (между платформой и основанием), и создание зданий замкнутого типа, объединенных с такой фундаментной платформой в единую цельную многосвязную пространственную систему. Такой подход устраняет традиционные ограничения на формообразование зданий в виде обязательной симметричности, протяженности, расположения масс, повышенной чувствительности к крутильным и несимметричным сейсмическим воздействиям и т. д. Мощная сейсмическая волна, преодолевая трение, проскальзывает под такой платформой. В этом случае происходит отделение здания не от фундамента, а от основания, которое служит источником сейсмического возбуждения, передающегося на строение в целом.

Одним из примеров эффективного варианта такого подхода является применение пространственных фундаментных платформ (ПФП) на скользящем слое, объединенных с верхним строением в здание замкнутого типа. Скользящий слой под ПФП препятствует возникновению больших горизонтальных сейсмических воздействий за счет снижения тангенциальных (сдвиговых) связей между ПФП и основанием.

Устройство эффективно как при наличии, так и при отсутствии сейсмики, защищает от неравномерных деформаций грунтов и от полного спектра сейсмических воздействий и повторяемости. Относительная легкость и в то же время жесткость фундаментной платформы благодаря её пространственной форме обеспечивают большую распределительную способность и малое давление на слабое основание, что позволяет использовать его хоть и слабые несущие естественные свойства.

Нетрадиционное защитное устройство является неотъемлемым элементом системы «здание + фундамент», которая конструируется как пространственное многосвязное здание замкнутого типа.

Следует отметить, что разработанные пространственные фундаментные платформы благодаря большой жесткости обладают повышенной распределительной способностью и оказывают малое давление на основание, даже при строительстве на слабых грунтах. ПФП малочувствительны к неравномерным деформациям грунтов, включая локальные просадки. Опыт исследования и проектирования ПФП показал, что использование свай под ПФП не требуется. Мощная сейсмическая волна проскальзывает под ПФП на скользящем слое. Опасность несимметричных крутильных и других сейсмических воздействий снижена. Устойчивость здания может быть обеспечена за счет размеров ПФП.

Следует отметить, что пренебрежение типом фундамента при традиционном подходе является наследием действующего СНиП и обсуждаемого нового проекта, а также спектрального метода расчета. В действительности поведение фундамента во многом определяет сейсмостойкость верхнего строения. Например, здание на ленточных фундаментах ведет себя не так, как здание на сплошной фундаментной платформе, особенно при несимметричных сейсмических воздействиях. Такая фундаментная платформа может укрепить не только целостность верхнего строения, но слабый грунт –

например, с помощью «стены в грунте», присоединенной к платформе. Целесообразно фундаментную платформу делать не толстой и тяжелой, а благодаря пространственному формообразованию (например, из двух слоев, скрепленных перекрестной системой ребер) – более легкой, но достаточно жесткой.

Действующие нормативы ограничивают возможность сейсмического строительства в сложных грунтовых условиях. Однако три четверти территории страны характеризуются сложными грунтовыми условиями. Новый подход позволяет расширить область возможностей сейсмостойкого строительства и его эффективность.